氯化胆碱对19~42周龄蛋鸡生产性能和蛋品质的影响

刘　松　董晓芳*　佟建明　陈　焱

（中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京 100193）

摘　要：本试验旨在研究饲粮添加氯化胆碱对19~42周龄蛋鸡生产性能和蛋品质的影响。选取990只18周龄京红1号蛋鸡，随机分为6组，每组12个重复，每个重复15只鸡，分别饲喂在基础饲粮中添加0、1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg氯化胆碱的试验饲粮。试验期24周。结果显示：1）19~42周龄，2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组产蛋率显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）；8 000和16 000 mg/kg组产蛋率显著低于1 000 mg/kg组（*P*<0.05）。16 000 mg/kg组蛋重和采食量显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05），各组料蛋比无显著差异（*P*>0.05）。2）2 000 mg/kg组20、22周龄的蛋壳厚度显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05），16 000 mg/kg组22、38周龄蛋壳强度显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。16 000 mg/kg组26周龄蛋白高度和哈夫单位显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05），8 000 mg/kg组22周龄哈夫单位显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05）。20、21、22和38周龄，1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组蛋黄颜色显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05）。3）1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组24周龄全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05），16 000 mg/kg组27、38周龄全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05）。16 000 mg/kg组38周龄蛋黄磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05）。由此可见，饲粮添加适量氯化胆碱能提高蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋黄颜色，适宜添加量为1 000 mg/kg。而饲粮添加高于1 000 mg/kg氯化胆碱能降低产蛋率；添加高于4 000 mg/kg氯化胆碱能降低蛋重和采食量。

关键词：蛋鸡；氯化胆碱；生产性能；蛋品质

收稿日期：2016-03-04
基金项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（2011cj-1）；国家蛋鸡产业技术体系建设专项经费（CARS-41-K16）；中国农业科学院科技创新工程（ASTIP-IAS08）
作者简介：刘　松（1991-），男，山东日照人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail：liusong7@yeah.net
*通信作者：董晓芳，副研究员，硕士生导师，E-mail：　xiaofangd1124@sina.com

中图分类号：S831　　　　文献标识码：　　　　　　　　文章编号：

胆碱又称维生素 B_4，在动物体内主要以卵磷脂、溶血卵磷脂、磷酸胆碱、乙酰胆碱和神经胆碱等形式存在[1-4]。胆碱在机体内主要发挥 3 个代谢功能：1）作为前体物质合成在副交感神经末端释放的神经递质-乙酰胆碱[5-6]，维持神经系统正常功能；2）胆碱是磷脂酰胆碱和神经鞘磷脂的结构成分，参与生物膜和脂蛋白形成[7-8]，具有预防鸡的胫骨短粗症发生等作用[9-10]。3）氧化生成甜菜碱，作为活性甲基供体参与高半胱氨酸合成蛋氨酸和胍基乙酸合成肌酸的过程[3]。NRC（1994）[11]建议产蛋期白壳蛋鸡和褐壳蛋鸡的胆碱需要量分别为 105 和 115 mg/(只•d)。我国农业行业标准（NY/T 33-2004）《鸡饲养标准》[12]中推荐产蛋期蛋鸡胆碱需要量为 500 mg/kg。而且，NRC（1994）[11]中褐壳蛋鸡对胆碱的需要量并非直接试验结论，而是根据白壳蛋鸡需要量加 10%得出的推算需要量，推算依据仅为褐壳蛋鸡体重较大，每天产蛋数也可能较多。同时，NRC（1994）[11]中蛋鸡对胆碱的需要量的估测指标仅仅是产蛋量和蛋重，并没考虑胆碱对蛋品质的影响。有关胆碱在蛋鸡上的研究报道主要集中在 20 多年前，且研究结果不一致。因此，关于实际生产中蛋鸡是否需要额外添加胆碱、胆碱添加的有效剂量和安全剂量一直存在很大争议[13-16]。氯化胆碱是畜禽饲粮中补充胆碱的常用物质。目前，有关褐壳产蛋鸡饲粮中长期添加氯化胆碱的研究较少。因此，本研究旨在通过研究褐壳蛋鸡饲粮添加氯化胆碱对生产性能和蛋品质的影响，以期为氯化胆碱在蛋鸡饲粮的应用提供理论参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

氯化胆碱（白色晶体），纯度≥98.0%，由国药集团化学试剂北京有限公司提供。

1.2　试验设计与饲养管理

选取刚满18周龄的京红1号蛋鸡990只，随机分为6组，每组12个重复，每个重复15只鸡，分别饲喂在玉米-豆粕型基础饲粮中添加0、1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg氯化

胆碱的试验饲粮。试验期24周。基础饲粮参照NRC（1994）[11]蛋鸡饲养需要配制。试验饲粮组成及营养水平见表1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）　%

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diet (air-dry basis)　%

项目 Items	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
原料 Ingredients						
玉米 Corn	60.50	60.40	60.30	60.00	59.40	58.40
豆粕 Soybean meal	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70	24.70
石粉 Limestone	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
豆油 Soybean oil	0.50	0.50	0.50	0.60	0.80	1.00
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
氯化胆碱 Choline chloride		0.10	0.20	0.40	0.80	1.60
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]						
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.98	10.97	10.96	10.95	10.94	10.87
粗蛋白质 CP	17.09	17.09	17.08	17.05	17.00	16.91
钙 Ca	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78
有效磷 AP	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
蛋氨酸 Met	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
赖氨酸 Lys	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
蛋氨酸+半胱氨酸	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

Met+Cys

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 3 700 IU，VD_3 860 mg，VE 14 mg，VK_3 1 mg，VB_1 4.6 mg，VB_2 8 mg，VB_6 8.6 mg，VB_{12} 0.02 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 14 mg，烟酸 nicotinic acid 40 mg，叶酸 folic acid 2.3 mg，生物素 biotin 0.17 mg，Mn 87 mg，Zn 34 mg，Fe 21 mg，Cu 7.5 mg，Co 0.2 mg，I 0.5 mg，Se 0.1 mg。

2)粗蛋白质、钙为实测值，其余为依据中国饲料成分及营养价值表（2012年第23版）计算值。CP and Ca were measured values, while the others were calculated values by <*Feed Ingredients and Nutritional Value of China* (twenty-third edition in 2012)>.

饲养试验在中国农业科学院北京畜牧兽医研究所昌平试验基地进行，采用3层阶梯式笼养，每笼3只鸡，每日喂料3次，自由采食和饮水。光照由光照自动控制器控制，光照时间为16 h。用干湿球温度计监测鸡舍内温度和湿度，保持鸡舍内温度在20~25 ℃，相对湿度在60%~70%。

1.3 采样指标测定

1.3.1 生产性能

试验期间，每天以重复为单位记录产蛋数、蛋重；每周末进行结料，并记录耗料量；计算各组蛋鸡的产蛋率、蛋重、采食量和料蛋比。

1.3.3 蛋品质

采集19、20、21、22、26、30和38周龄当天所有鸡蛋，于12 h内进行蛋品质测定。采用蛋壳强度测定仪测定蛋壳强度(Model-III，Robotmation公司，日本)；采用蛋壳厚度测定仪(Model P-1，Ozaki MFG公司，日本)测定蛋壳厚度；采用蛋品质测定仪(EMT-2500 Robotmation公司，日本)测定蛋白高度、哈氏单位和蛋黄颜色。

1.3.4 鸡蛋中磷脂酰胆碱的含量

收集19、20、21、22、24、27、30和38周龄当天鸡蛋，采用高效液相色谱-蒸发光散射检测法检测全蛋中磷脂酰胆碱的含量。分离38周龄当天0、1 000和16 000 mg/kg组鸡蛋蛋黄和蛋清，采用高效液相色谱-蒸发光散射检测法检测蛋黄和蛋清中磷脂酰胆碱的含量。

1.4 数据统计分析

试验数据采用SAS 9.2软件ANOVA程序进行方差分析，用Duncan氏法进行组间多重比较，以$P<0.05$为差异显著。试验结果以“平均值±标准差（means±SD）”来表示，其中产蛋率经过反正弦转换后进行方差分析。

2 结 果

2.1 饲粮中氯化胆碱含量

试验饲粮中氯化胆碱添加水平、计算值和实测值见表2。0 mg/kg组氯化胆碱计算值与实测值的差距不大，说明试验饲料配制准确，差值可能是由饲粮中玉米、豆粕中所含的氯化胆碱造成的。

表 2 试验饲粮中氯化胆碱添加水平、计算值和实测值

Table 2 Supplemental levels, calculated values and measured values of choline chloride in experimental diets mg/kg

添加水平 Supplemental levels	计算值 Calculated values	实测值 Measured values
0	0	462.60±38.14
1 000	850	1 326.18±129.66
2 000	1 700	2 223.98±249.14
4 000	3 400	4 271.29±458.03
8 000	7 800	7 875.52±766.67
16 000	15 600	15 399.31±1 419.37

2.2 氯化胆碱对蛋鸡生产性能的影响

2.2.1 氯化胆碱对蛋鸡产蛋率的影响

氯化胆碱对蛋鸡产蛋率的影响见表3。19、20、21、22、23周龄，8 000 mg/kg组产蛋率显著低于0 mg/kg组（P<0.05）。25、26、27周龄，4 000 mg/kg组产蛋率显著低于1 000 mg/kg组（P<0.05）。31~33周龄和34~36周龄，1 000、2 000、4 000、8 000 mg/kg组产蛋率显著低于0 mg/kg组（P<0.05）；37~39周龄和40~42周龄，8 000和16 000 mg/kg组产蛋率显著低于0 mg/kg组（P<0.05）。试验全期，即19~42周龄，2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组产蛋率显著低于0 mg/kg组（P<0.05）；1 000 mg/kg组与0 mg/kg组之间无显著差异（P>0.05），8 000、16 000组产蛋率显著低于1 000 mg/kg组（P<0.05）。

表3 氯化胆碱对产蛋率的影响

Table 3 Effects of choline chloride on egg production of laying hens %

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
19	95.1±1.2[ab]	96.3±3.0[a]	92.4±4.6[bc]	93.3±3.1[abc]	91.0±5.1[c]	94.2±3.4[abc]
20	96.0±1.9[a]	95.9±2.5[a]	94.6±3.9[ab]	94.9±2.2[ab]	92.0±5.7[b]	94.8±2.6[ab]
21	93.8±3.1[a]	96.7±2.7[ab]	94.4±4.8[ab]	94.7±2.6[ab]	93.1±5.1[b]	95.5±2.5[ab]
22	97.4±1.8[a]	96.3±2.1[ab]	94.3±4.3[ab]	95.8±2.5[ab]	92.8±5.4[b]	94.9±3.9[ab]
23	97.4±1.5[a]	97.3±2.6[a]	95.7±3.3[ab]	95.9±2.6[ab]	92.7±6.4[b]	94.8±4.3[ab]
24	96.2±1.6	95.8±1.9	93.8±4.7	95.1±3.1	93.8±6.4	94.0±3.4
25	94.4±3.6[ab]	97.6±1.7[a]	0.952±3.2[ab]	93.0±5.3[b]	95.2±3.2[ab]	95.0±2.6[ab]
26	95.5±2.6[ab]	96.5±3.1[a]	93.3±2.7[ab]	92.7±4.7[b]	94.9±4.2[ab]	94.2±2.6[ab]
27	93.0±2.0[ab]	96.5±2.1[a]	93.1±3.4[ab]	91.0±4.2[b]	94.4±4.6[ab]	93.1±4.2[ab]
28~30	90.1±1.0[a]	89.2±4.0[a]	88.2±6.7[ab]	84.2±4.8[b]	88.2±4.9[ab]	86.2±4.3[ab]

31~33	92.7±2.2[a]	74.8±6.8[cd]	80.8±5.0[bc]	67.7±10.6[d]	77.8±16.3[cd]	90.5±3.2[ab]
34~36	90.5±2.5[a]	80.2±4.8[bc]	83.2±9.1[b]	80.2±7.2[bc]	75.5±10.4[c]	84.1±5.9[ab]
37~39	81.4±4.6[ab]	83.6±6.2[a]	81.0±5.3[ab]	86.7±6.4[a]	74.9±8.0[c]	71.8±9.5[c]
40~42	77.9±7.1[bc]	84.2±9.7[ab]	78.8±7.8[bc]	87.0±6.4[a]	72.4±8.9[c]	64.0±7.8[d]
19~42	92.2±1.2[a]	91.5±1.6[ab]	89.9±2.8[bc]	89.4±2.3[bc]	87.8±3.6[c]	89.1±1.6[c]

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2.2氯化胆碱对蛋鸡蛋重的影响

氯化胆碱对蛋鸡蛋重的影响见表4。19、20、21、22、23、24、25、26、27周龄、28~30周龄、31~33周龄、37~39周龄和40~42周龄，16 000 mg/kg组蛋重显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05），其他各组与0 mg/kg组差异不显著（*P*>0.05）。24周龄，8 000 mg/kg组蛋重显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。31~33周龄，4 000 mg/kg组蛋重显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。19~42周龄，16 000 mg/kg组蛋重显著低于其他各组（*P*<0.05）。

表4　氯化胆碱对蛋鸡蛋重的影响

Table 4　Effects of choline chloride on egg weight of laying hens　　g

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
19	55.88±1.50[a]	54.85±1.43[ab]	55.12±1.29[ab]	54.65±1.16[ab]	54.99±1.10[ab]	54.54±1.05[b]
20	57.26±1.08[a]	56.79±0.61[a]	56.87±1.13[a]	56.47±1.13[ab]	56.88±1.52[a]	55.64±0.73[b]
21	58.28±1.40[a]	57.50±0.75[ab]	58.06±1.23[a]	57.39±1.49[ab]	57.64±1.47[ab]	56.72±1.39[b]

22	59.23±1.28^{a}	58.21±1.90^{ab}	59.10±1.27^{a}	58.76±1.52^{ab}	59.09±1.21^{a}	57.66±1.34^{b}
23	58.73±1.21^{a}	59.00±0.88^{a}	59.12±1.10^{a}	58.65±1.34^{a}	59.11±1.42^{a}	57.59±1.20^{b}
24	58.98±1.39^{a}	57.60±0.58^{ab}	58.00±1.23^{ab}	57.52±1.46^{ab}	57.51±1.20^{bc}	56.72±1.26^{c}
25	58.63±1.31^{a}	57.79±0.80^{ab}	58.26±1.24^{a}	57.71±1.37^{ab}	57.66±0.94^{ab}	56.94±1.28^{b}
26	58.64±1.56^{a}	58.44±1.03^{a}	58.65±1.29^{a}	58.34±1.50^{a}	58.44±1.15^{a}	57.16±1.27^{b}
27	58.70±1.56^{a}	59.27±0.74^{a}	59.36±0.99^{a}	59.00±1.27^{a}	59.57±1.32^{a}	57.87±1.21^{b}
28~30	58.59±1.16^{a}	58.59±0.91^{a}	58.81±1.16^{a}	58.24±.31^{ab}	58.82±1.13^{a}	57.29±1.52^{b}
31~33	60.28±0.98^{ab}	59.39±0.86^{abc}	60.50±1.44^{a}	58.58±1.27^{c}	59.56±1.73^{abc}	59.17±1.46^{c}
34~36	61.78±1.18	61.40±1.05	61.88±1.23	63.60±1.31	61.00±1.34	60.12±1.33
37~39	62.31±0.90^{a}	62.43±0.97^{a}	62.63±1.18^{a}	62.21±1.22^{a}	61.94±1.10^{a}	59.94±1.09^{b}
40~42	62.88±0.73^{a}	63.23±1.32^{a}	63.05±1.18^{a}	62.98±1.30^{a}	62.61±1.29^{a}	60.14±1.30^{b}
19~42	59.29±1.10^{a}	58.89±0.67^{a}	59.24±1.10^{a}	58.69±1.20^{a}	58.92±1.01^{a}	57.67±1.09^{b}

2.2.3 氯化胆碱对蛋鸡采食量的影响

氯化胆碱对蛋鸡采食量的影响见表5。25周龄，4 000和16 000 mg/kg组采食量显著低于1 000 mg/kg组（*P*<0.05）。26周龄，16 000 mg/kg组采食量显著低于1 000 mg/kg组（*P*<0.05）。28~30周龄，4 000 mg/kg组采食量显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。31~33周龄，1 000、2 000、4 000和8 000 mg/kg组采食量显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。34~36周龄，4 000 mg/kg组采食量显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05）。37~39周龄和40~42周龄，8 000和16 000 mg/kg组采食量显著低于0和1 000 mg/kg组（*P*<0.05）。19~42周龄，8 000和16 000 mg/kg组采食量显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。

表5 氯化胆碱对蛋鸡采食量的影响

Table 5 Effects of choline chloride on feed intake of laying hens g/d

周龄	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)

Weeks of age	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
25	112.0±1.8^{ab}	113.1±3.1^{a}	112.0±3.5^{ab}	109.6±4.2^{b}	111.3±3.4^{ab}	109.5±3.0^{b}
26	110.6±3.2^{ab}	112.2±3.5^{a}	111.1±3.4^{ab}	109.6±3.7^{ab}	110.9±3.6^{ab}	108.6±3.6^{b}
28~30	107.4±1.9^{ab}	104.3±1.8^{bc}	107.9±4.0^{a}	102.8±1.5^{c}	106.2±2.8^{abc}	109.0±6.5^{a}
31~33	114.8±2.0^{a}	101.3±3.5^{c}	109.2±5.7^{b}	102.5±2.7^{c}	107.3±7.7^{b}	115.2±1.7^{a}
34~36	112.7±1.2^{bc}	114.4±2.7^{ab}	113.9±3.2^{ab}	115.7±3.0^{a}	110.8±3.0^{c}	110.6±1.6^{c}
37~39	111.3±3.1^{a}	114.4±4.0^{a}	110.0±6.2^{ab}	114.8±4.5^{a}	108.2±7.3^{bc}	103.9±2.7^{c}
40~42	112.3±4.6^{ab}	114.1±4.1^{ab}	110.4±4.3^{bc}	114.8±3.5^{a}	107.9±6.5^{c}	101.7±3.9^{d}
19~42	114.5±2.9^{a}	111.2±2.8^{ab}	110.5±2.8^{ab}	110.1±3.5^{ab}	109.7±2.8^{b}	108.8±2.9^{b}

2.2.4 氯化胆碱对蛋鸡料蛋比的影响

氯化胆碱对蛋鸡料蛋比的影响见表6。22、24、25周龄，1 000 mg/kg组料蛋比显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。28~30周龄，16 000 mg/kg组料蛋比显著高于其他各组（P<0.05），4 000 mg/kg组料蛋比显著低于0 mg/kg组（P<0.05）。31~33周龄，1 000、2 000、4 000和8 000 mg/kg组料蛋比显著低于0 mg/kg组（P<0.05）。37~39周龄，8 000和16 000 mg/kg组料蛋比显著低于1 000和4 000 mg/kg组（P<0.05）。40~42周龄，16 000 mg/kg组料蛋比显著低于0 mg/kg组（P<0.05），8 000和16 000 mg/kg组料蛋比显著低于1 000和4 000 mg/kg组（P<0.05）。19~42周龄，各组料蛋比无显著差异（P>0.05）。

表 6 氯化胆碱对蛋鸡料蛋比的影响

Table 6 Effects of choline chloride on feed/egg of laying hens

周龄	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
Weeks of age	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
22	1.76±0.07^{b}	1.86±0.10^{a}	1.76±0.08^{b}	1.82±0.07^{ab}	1.76±0.11^{b}	1.78±0.06^{ab}
24	1.89±0.03^{b}	1.96±0.04^{a}	1.92±0.06^{ab}	1.92±0.05^{ab}	1.94±0.07^{ab}	1.93±0.04^{ab}

25	1.91±0.03[b]	1.96±0.03[a]	1.92±0.03[ab]	1.90±0.05[b]	1.93±0.06[ab]	1.92±0.04[ab]
28~30	1.83±0.01[b]	1.78±0.02[bc]	1.83±0.05[b]	1.77±0.04[c]	1.81±0.07[bc]	1.90±0.09[a]
31~33	1.91±0.03[a]	1.71±0.06[c]	1.80±0.07[b]	1.75±0.06[bc]	1.80±0.11[b]	1.95±0.04[a]
37~39	1.79±0.04[abc]	1.83±0.07[ab]	1.76±0.11[bc]	1.85±0.07[a]	1.75±0.11[c]	1.73±0.06[c]
40~42	1.79±0.07[abc]	1.81±0.08[ab]	1.75±0.07[bcd]	1.82±0.06[a]	1.72±0.09[cd]	1.69±0.05[d]
19~42	1.88±0.03	1.89±0.03	1.87±0.04	1.87±0.04	1.87±0.05	1.89±0.03

2.3 氯化胆碱对蛋鸡蛋品质的影响

2.3.1 氯化胆碱对蛋鸡蛋壳厚度的影响

氯化胆碱对蛋鸡蛋壳厚度的影响见表7。20周龄，1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组蛋壳厚度均显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。21周龄，1 000、4 000和16 000 mg/kg组蛋壳厚度显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。22周龄，2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组蛋壳厚度显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。

表7　氯化胆碱对蛋鸡蛋壳厚度的影响

Table 7　Effects of choline chloride on shell thickness of laying hens　　mm

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
20	0.380±0.015[b]	0.398±0.008[a]	0.398±0.006[a]	0.401±0.004[a]	0.397±0.007[a]	0.397±0.006[a]
21	0.390±0.007[b]	0.400±0.005[a]	0.399±0.005[ab]	0.403±0.004[a]	0.399±0.008[ab]	0.400±0.004[a]
22	0.381±0.006[c]	0.386±0.005[bc]	0.393±0.007[ab]	0.399±0.004[a]	0.398±0.008[a]	0.391±0.005[ab]

2.3.2 氯化胆碱对蛋鸡蛋壳强度的影响

氯化胆碱对蛋鸡蛋壳强度的影响见表8。19周龄，4 000 mg/kg组蛋壳强度显著高于8 000和16 000 mg/kg组（P<0.05）。20周龄，4 000 m/kg组蛋壳强度显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。22周龄，8 000 mg/kg组蛋壳强度显著低于0、1 000、2 000和4 000 mg/kg组（P<0.05）。38周

龄，4 000和16 000 mg/kg组蛋壳强度显著低于0、1 000、2 000和8 000 mg/kg组（P<0.05），1 000和8 000 mg/kg组蛋壳强度显著低于2 000 mg/kg组（P<0.05）。

表8　氯化胆碱对蛋鸡蛋壳强度的影响

Table 8　Effects of choline chloride on shell strength of laying hens　　N

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
19	45.21±1.42^{ab}	45.90±1.47^{ab}	45.65±1.99^{ab}	46.87±1.75^{a}	44.12±2.15^{b}	44.66±2.51^{b}
20	43.82±1.94^{b}	45.53±2.56^{ab}	45.06±2.17^{ab}	46.03±1.34^{a}	44.33±2.58^{ab}	44.51±2.24^{ab}
22	40.56±2.87^{a}	40.72±1.98^{a}	41.20±2.27^{a}	40.20±2.49^{a}	37.19±3.95^{b}	39.41±1.73^{b}
38	35.23±2.66^{ab}	33.79±0.92^{b}	36.39±2.90^{a}	32.66±2.29^{c}	33.41±2.73^{b}	30.96±2.41^{c}

2.3.3 氯化胆碱对蛋鸡蛋白高度的影响

氯化胆碱对蛋鸡蛋白高度的影响见表9。26周龄，16 000 mg/kg组蛋白高度显著低于0和1 000 mg/kg组（P<0.05）。其余时间点（数据未列出），饲粮添加氯化胆碱对蛋白高度无显著影响（P>0.05）。

表9 氯化胆碱对蛋鸡蛋白高度的影响

Table 9　Effects of choline chloride on albumen height of laying hens　　mm

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
26	7.98±0.21^{a}	8.02±0.19^{a}	7.85±0.22^{ab}	7.79±0.31^{ab}	7.78±0.27^{ab}	7.63±0.40^{b}

2.3.4 氯化胆碱对蛋鸡哈夫单位的影响

氯化胆碱对蛋鸡哈夫单位的影响见表10。20周龄，16 000 mg/kg组哈夫单位显著高于2 000 mg/kg组（P<0.05）。22周龄，8 000和16 000 mg/kg组哈夫单位显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。26周龄，16 000 mg/kg组哈夫单位显著低于0和1 000 mg/kg组（P<0.05）。其余时

间点（数据未列出），饲粮添加氯化胆碱对蛋白高度无显著影响（*P*>0.05）。

表10　氯化胆碱对蛋鸡哈氏单位的影响

Table 10　Effects of choline chloride on Haugh unit of laying hens

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg) 0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
20	92.13±0.94[ab]	91.48±1.47[ab]	90.97±1.15[b]	91.42±1.29[ab]	91.61±1.32[ab]	92.52±1.21[a]
22	90.77±1.60[b]	91.64±1.14[ab]	91.76±1.57[ab]	91.47±1.45[ab]	92.09±1.13[a]	92.68±1.21[a]
26	89.55±1.27[a]	89.75±1.14[a]	88.57±1.33[ab]	88.44±1.97[ab]	88.40±1.69[ab]	87.78±2.53[b]

2.3.5　氯化胆碱对蛋鸡蛋黄颜色的影响

氯化胆碱对蛋鸡蛋黄颜色的影响见表11。20、21和22周龄，1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组蛋黄颜色显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05）。26周龄，1 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组蛋黄颜色显著低于0 mg/kg组（*P*<0.05）。38周龄，1 000、2 000和4 000 mg/kg组蛋黄颜色显著高于0 mg/kg组（*P*<0.05），16 000 mg/kg组蛋黄颜色显著低于1 000、2 000和4 000 mg/kg组（*P*<0.05）。

表11 氯化胆碱对蛋鸡蛋黄颜色的影响

Table 11　Effects of choline chloride on yolk color of laying hens

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg) 0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
20	7.77±0.23[e]	8.03±0.35[d]	8.46±0.14[bc]	8.65±0.12[a]	8.33±0.20[c]	8.55±0.12[ab]
21	8.22±0.18[c]	8.80±0.18[a]	8.85±0.12[a]	8.88±0.07[a]	8.67±0.20[b]	8.83±0.12[a]
22	7.88±0.15[c]	8.39±0.18[b]	8.68±0.08[a]	8.71±0.09[a]	8.70±0.10[a]	8.77±0.15[a]
26	8.63±0.16[a]	8.38±0.14[b]	8.65±0.26[a]	7.96±0.40[c]	8.24±0.19[b]	8.19±0.11[b]

38	6.93±0.40^{b}	8.47±0.14^{a}	7.95±0.41^{a}	8.18±0.37^{a}	7.43±1.00^{ab}	6.60±0.45^{bc}

2.4 氯化胆碱对蛋鸡鸡蛋磷脂酰胆碱含量的影响

2.4.1 氯化胆碱对蛋鸡全蛋磷脂酰胆碱含量的影响

氯化胆碱对蛋鸡全蛋磷脂酰胆碱含量的影响见表12。21和38周龄，8 000和16 000 mg/kg组全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。22周龄，16 000 mg/kg组全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于其他各组（P<0.05）。24周龄，1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg组全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。27周龄，4 000和16 000 mg/kg组全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。30周龄，4 000和8 000 mg/kg组全蛋磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组（P<0.05）。

表12　氯化胆碱对蛋鸡全蛋磷脂酰胆碱含量的影响

Table 12　Effects of choline chloride on egg phosphatidylcholine content of laying hens　mg/g

周龄 Weeks of age	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)					
	0	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
21	12.5±1.8^{b}	14.7±4.1^{ab}	14.4±1.1^{b}	15.3±4.1^{ab}	17.9±4.1^{a}	18.1±4.3^{a}
22	17.0±2.4^{a}	19.6±4.2^{a}	19.2±2.9^{a}	18.2±2.5^{a}	19.2±3.4^{a}	22.8±3.4^{b}
24	18.4±2.3^{c}	20.3±0.7^{ab}	21.5±0.9^{a}	21.2±1.2^{ab}	19.7±0.8^{b}	20.8±1.6^{ab}
27	18.5±0.8^{bc}	19.2±3.2^{b}	18.5±3.1^{bc}	21.4±3.5^{a}	16.5±1.6^{c}	22.8±3.0^{a}
30	18.7±1.5^{b}	20.3±1.7^{b}	20.0±1.3^{b}	22.8±2.2^{a}	23.8±1.8^{a}	16.6±2.7^{c}
38	19.9±1.3^{c}	20.4±0.8^{c}	21.3±1.4^{bc}	20.4±0.7^{c}	22.6±2.1^{b}	25.7±1.5^{a}

2.4.2 氯化胆碱对 38 周龄蛋鸡蛋黄和蛋白中磷脂酰胆碱含量的影响

氯化胆碱对 38 周龄蛋鸡蛋黄和蛋白中磷脂酰胆碱含量的影响见表 13。16 000 mg/kg 组蛋黄磷脂酰胆碱含量显著高于 0 mg/kg 组（P<0.05），升高了 26.5%；1 000 mg/kg 组与 0 mg/kg 组之间无显著差异（P＞0.05）。所有各组蛋白中均未检出磷脂酰胆碱。

表 13　氯化胆碱对 38 周龄蛋鸡蛋黄、蛋白中磷脂酰胆碱含量的影响

Table 13　Effects of choline chloride on content of phosphatidylcholine in yolk and albumen of laying hens　mg/kg

项目 Items	氯化胆碱添加水平 Choline chloride supplemental level/(mg/kg)		
	0	1 000	16 000
蛋黄磷脂酰胆碱 Yolk phosphatidylcholine	71.2±2.7[a]	73.7±1.6[a]	90.1±3.4[b]
蛋白磷脂酰胆碱 Albumen phosphatidylcholine	—	—	—

—表示未检出。

— Means not detected.

3　讨　论

3.1　氯化胆碱对蛋鸡生产性能的影响

由试验结果可知，就产蛋率而言，添加1 000、2 000和4 000 mg/kg氯化胆碱对蛋鸡19~27周龄产蛋率无显著影响。随着周龄增大，蛋鸡对氯化胆碱的耐受能力降低，到31~36周龄时，饲粮不需额外添加氯化胆碱即可满足蛋鸡产蛋需要，添加1 000 mg/kg及以上水平的氯化胆碱均对产蛋率造成不利影响。36~42周龄添加1 000、2 000和4 000 mg/kg氯化胆碱无显著影响。Nesheim等[17]研究发现，31~42周龄来航蛋鸡饲喂含1 400 mg/kg氯化胆碱的饲粮对产蛋率无显著影响。March[14]发现，28~49周龄的来航蛋鸡饲喂含1 340 mg/kg的氯化胆碱的饲粮对产蛋率无显著影响。Zhai等[18]报道，玉米豆粕饲粮额外添加1 000、2 000、4 000和8 000 mg/kg氯化胆碱对19~68周龄海兰褐壳蛋鸡产蛋率无显著影响。与来航蛋鸡和海兰褐壳蛋鸡不同的是，京红1号蛋鸡31~36周龄添加1 000 mg/kg氯化胆碱即显著降低产蛋率，这说明蛋鸡对氯化胆碱的耐受能力可能与品种有关。

结果显示，添加≤4 000 mg/kg氯化胆碱对18~30周龄京红1号蛋鸡蛋重无显著影响，随着

周龄增大，31~33周龄耐受能力降低，添加1 000和2 000 mg/kg氯化胆碱对蛋重无显著影响。34~36周龄，饲粮添加16 000 mg/kg氯化胆碱对蛋重无显著不利影响，这可能是与34~36周龄京红1号蛋鸡蛋重较此前迅速增加，机体对胆碱的需要量增加有关。36周龄后京红1号蛋鸡蛋重增加速度放慢，此时添加16 000 mg/kg氯化胆碱会显著降低蛋重。Zhai等[18]研究了玉米-豆粕饲粮长期添加不同水平的氯化胆碱对海兰褐壳蛋鸡生产性能的影响，结果发现，20~68周龄海兰褐壳蛋鸡饲粮添加8 000 mg/kg氯化胆碱对蛋重无显著影响。本试验34~42周龄阶段的研究结果与Zhai等[18]研究结果一致。

添加 1 000、2 000、4 000 mg/kg 氯化胆碱对 18~30 周龄蛋鸡采食量无显著影响，31~33 周龄，饲粮不需额外添加氯化胆碱即可保证蛋鸡正常采食，添加 1 000 mg/kg 及以上氯化胆碱均对采食量率造成不利影响。36 周龄后添加 1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 氯化胆碱氯化胆碱对采食量无显著影响。Zhai 等[18]研究结果与本试验稍有差异，其报道 20~68 周龄海兰褐壳蛋鸡饲粮添加 500、1 000、2 000、4 000 和 8 000 mg/kg 氯化胆碱对采食量无显著影响。研究发现，胆碱在蛋鸡体内的代谢与饲料粗蛋白质（CP）、含硫氨基酸（total sulfur-containing amino acids，TSAA）的含量密切相关[15,19-20]，饲粮 CP、蛋氨酸和半胱氨酸等含硫氨基酸含量会影响蛋鸡对胆碱的需要量和耐受程度。不同研究结论间的差异可能与饲粮 CP、TSSA 含量不同有关。

有观点认为青年蛋鸡利用胆碱部分满足蛋氨酸需要的能力高于老龄蛋鸡，因此青年蛋鸡对胆碱的需要量高于老龄蛋鸡[17,21-22]。由此推断，不同周龄蛋鸡对胆碱需要量和耐受能力可能不同。这与本试验中氯化胆碱胆碱对不同周龄蛋鸡生产性能影响不同的发现一致。

综合氯化胆碱对产蛋率、蛋重和采食量的影响，饲料中添加氯化胆碱高于 1 000 mg/kg 即对蛋鸡生产性能有不利影响。其中，添加剂量达 1 000 mg/kg 时即对产蛋率和料蛋比有不利影响，尤其是达 4 000 mg/kg 时对产蛋率有显著不利影响；添加剂量达 8 000 mg/kg 时显著降低蛋重和采食量。遗憾的是，由于氯化胆碱添加水平设置原因，31~36 周龄添加低于 1 000

mg/kg 氯化胆碱是否对生产性能产生不利影响无法确定，1 000 mg/kg 以下剂量的安全性评价还需进一步研究。

3.2　氯化胆碱对蛋鸡蛋品质的影响

Zhai 等[18]研究表明，饲粮中添加 500、1 000、2 000、4 000 和 8 000 mg/kg 水平的氯化胆碱对 19~56 周龄海兰褐鸡蛋的蛋壳强度和厚度无显著影响。而本试验研究结果表明，饲粮中添加氯化胆碱增加 19~21 周龄京红 1 号鸡蛋的蛋壳厚度，对第 26 和 38 周龄时的蛋壳厚度、19~21 周龄时的蛋壳强度无显著影响；但当饲粮中添加 4 000、8 000 和 16 000 mg/kg 氯化胆碱时降低了 22 和 38 周龄时的蛋壳强度。这说明蛋鸡不同品种对氯化胆碱的耐受能力不同，京红 1 号蛋鸡在 19~21 周龄时对氯化胆碱的耐受性较高。

哈夫单位是人们普遍接受的评价蛋品质的指标之一。Tsiagbe 等[15]研究报道，在基础饲粮（氯化胆碱 1 040 mg/kg）中分别添加 500 和 1 000 mg/kg 氯化胆碱，对 44 和 64 周龄蛋鸡哈夫单位无显著影响。翟钦辉[23]研究表明，在海兰褐蛋鸡饲粮中添加氯化胆碱能线性增加 59~68 周龄蛋鸡蛋白高度和哈夫单位，对 19~58 周龄蛋鸡蛋白高度和哈夫单位无显著影响。本试验中，京红 1 号蛋鸡饲粮中添加 8 000 和 16 000 mg/kg 氯化胆碱能提高 22 周龄时的哈夫单位。添加 16 000 mg/kg 能降低 24 周龄时的蛋白高度和 26 周龄时的哈夫单位。这说明不同品种蛋鸡在不同日龄对胆碱的需要量不同，京红 1 号蛋鸡饲粮添加 8 000 mg/kg 及以下水平的氯化胆碱不会对鸡蛋的蛋白高度和哈夫单位造成影响。

蛋黄颜色是衡量蛋品质的重要指标之一，也是影响禽蛋商品性能的因素之一。本试验研究发现，20~22 周龄时，各氯化胆碱添加组蛋黄颜色均显著高于未添加组，但 38 周龄时，1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 氯化胆碱添加组蛋黄颜色显著高于未添加组，而 16 000 mg/kg 添加组蛋黄颜色显著低于各添加组。Zhai 等[18]试验得到了相似的结果，添加氯化胆碱显著增加了 19~58 周龄蛋鸡蛋黄颜色。然而 Danicke 等[24]则报道称，在罗曼蛋鸡饲粮中添加 1 000 mg/kg 的氯化胆碱降低了蛋黄颜色，而添加 4 000 mg/kg 氯化胆碱不影响蛋黄颜色，且认为

高剂量氯化胆碱影响蛋黄色素的机理不同于低剂量氯化胆碱。由于关于氯化胆碱影响蛋黄颜色的机理目前尚不清楚，造成此研究差异的原因未知，有待于进一步研究。

3.3 氯化胆碱对蛋鸡鸡蛋磷脂酰胆碱含量的影响

磷脂酰胆碱在蛋鸡体内可通过磷酸胆碱-胞苷二磷酸胆碱途径由胆碱生成，也可以通过甲基转移酶途径由脑磷脂生成。试验前2周，即19~20周龄，饲粮添加氯化胆碱不影响全蛋磷脂酰胆碱含量。饲粮添加1 000、2 000、4 000、8 000和16 000 mg/kg氯化胆碱均提高24周龄全蛋磷脂酰胆碱含量。饲粮添加4 000、8 000和16 000 mg/kg氯化胆碱显著提高27、30和38周龄全蛋磷脂酰胆碱含量。在添加氯化胆碱20周后，16 000 mg/kg组蛋黄中磷脂酰胆碱含量显著高于0 mg/kg组，升高了26.5%，而1 000 mg/kg组与0 mg/kg组之间无显著差异。这从某种角度上说明饲粮添加1 000 mg/kg氯化胆碱可满足京红1号蛋鸡的需要，多余的胆碱可由上述2条途径转化成磷脂酰胆碱存储在蛋黄中。关于饲粮额外添加氯化胆碱增加蛋黄磷脂酰胆碱含量的研究先前也有报道。Burns等[25]研究发现，饲粮中添加3 000 mg/kg氯化胆碱使得蛋黄磷脂酰胆碱含量提高了97%。Tsagbe等[26]研究也发现，在含CP 16.6%、TSAA 0.53%、氯化胆碱1 041 mg/kg的基础饲粮中额外添加1 000 mg/kg氯化胆碱显著提高蛋黄磷脂酰胆碱含量。值得一提的是，所有各组蛋白中均未检出磷脂酰胆碱。

4 结　论

①饲粮添加高于 1 000 mg/kg 氯化胆碱降低产蛋率，提高料蛋比；饲粮添加高于 4 000 mg/kg 氯化胆碱降低蛋重和采食量。

②饲粮添加 1 000 和 2 000 mg/kg 氯化胆碱提高蛋壳厚度、蛋壳强度；添加低于 4 000 mg/kg 氯化胆碱对蛋白高度和哈夫单位无显著影响；添加 1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 氯化胆碱显著提高蛋黄颜色；饲粮添加氯化胆碱提高全蛋磷脂酰胆碱含量，添加 16 000 mg/kg 氯化胆碱显著增加蛋黄磷脂酰胆碱含量。

参考文献：

[1] ZEISEL S H,DA COSTA K A.Choline:an essential nutrient for public health[J].Nutrition Reviews,2009,67(11):615–623.

[2] ZEISEL S H.Choline:an important nutrient in brain development,liver function and carcinogenesis[J].Journal of the American College of Nutrition,1992,11(5):473–481.

[3] ZEISEL S H,BLUSZTAJN J K.Choline and human nutrition[J].Annual Review of Nutrition,1994,14(1):269–296.

[4] ZEISEL S H,MAR M H,HOWE J C,et al.Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods[J].The Journal of Nutrition,2003,133(5):1302–1307.

[5] BLUSZTAJN J K,WURTMAN R J.Choline and cholinergic neurons[J].Science,1983,221(4611):614–620.

[6] SARTER M,PARIKH V.Choline transporters,cholinergic transmission and cognition[J].Nature Reviews Neuroscience,2005,6(1):48–56.

[7] ZHU X,ZEISEL S H.Choline and phosphatidylcholine[J].Guide to Nutritional Supplements,2009,1(1):108.

[8] LI Z Y,VANCE D E.Thematic review series:glycerolipids, phosphatidylcholine and choline homeostasis[J].The Journal of Lipid Research,2008,49(6):1187–1194.

[9] JUKES T H.Effect of choline and other supplements on perosis:two figures[J].The Journal of Nutrition,1940,20(5):445–458.

[10] JUKES T H.Studies of perosis in turkeys:experiments related to choline[J].Poultry Science,1941,20(3):251–254.

[11] NRC.Nutrient requirements of poultry[S].9th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,1994.

[12] 中华人民共和国农业部.NY/T 33—2004 鸡饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.

[13] RINGROSE R,DAVISE H A.Choline in the nutrition of laying hens[J].Poultry Science,1946,25(6):646–647.

[14] MARCH B E.Choline supplementation of layer diets containing soybean meal or rapeseed meal as protein supplement[J].Poultry Science,1981,60(4):818–823.

[15] TSIAGBE V K,KANG C W,SUNDE M L.The effect of choline supplementation in growing pullet and laying hen diets[J].Poultry Science,1982,61(10):2060–2064.

[16] MENTEN J F,PESTI G M,BAKALLI R I.A new method for determining the availability of choline in soybean meal[J].Poultry Science,1997,76(9):1292–1297.

[17] NESHEIM M C,NORVELL M J,CEBALLOS E,et al.The effect of choline supplementation of diets for growing pullets and laying hens[J].Poultry Science,1971,50(3):820–831.

[18] ZHAI Q H,DONG X F,TONG J M,et al.Long-term effects of choline on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens[J].Poultry Science,2013,92(7):1824–1829.

[19] KESHAVARZ K.Effects of reducing dietary protein,methionine,choline,folic acid,and vitamin B12 during the late stages of the egg production cycle on performance and eggshell quality[J].Poultry Science,2003,82(9):1407–1414.

[20] MILES R D,RUIZ N,HARMS R H.Response of laying hens to choline when fed practical diets devoid of supplemental sulfur amino acids[J].Poultry Science,1986,65(9):1760–1764.

[21] POURREZA J,SMITH W K.Performance of laying hens fed on low sulphur amino acids diets supplemented with choline and methionine[J].British Poultry Science,1988,29(3):605–611.

[22] CRAWFORD J S,GRIFFITH M,TEEKELL R A,et al.Choline requirement and synthesis in

laying hens[J].Poultry Science,1969,48(2):620–626.

[23] 翟钦辉.胆碱在蛋鸡上有效性和安全性评价及其降低肝脏脂肪的机理研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2013:23–28.

[24] DÄNICKE S V,UEBERSCHÄR K H,REESE K R,et al.Investigations on the effects of rape oil quality,choline and methionine concentration in diets for laying hens on the trimethylamine content of the eggs,on trimethylamine metabolism and on laying performance[J].Archives of Animal Nutrition,2006,60(1):57–79.

[25] BURNS M J,ACKERMAN C J.Effect of dietary choline,methionine,and vit.B_{12} on weight and composition of eggs[J].Experimental Biology and Medicine,1955,89(3):420–421.

[26] TSIAGBE V K,COOK M E,HARPER A E,et al.Alterations in phospholipid composition of egg yolks from laying hens fed choline and methionine-supplemented diets[J].Poultry Science,1988,67(12):1717–1724.

Effects of Choline Chloride on Performance and Egg Quality of Laying Hens Aged from 19 to 42 Weeks

LIU Song DONG Xiaofang* TONG Jianming CHEN Yan

(*Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100193, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary choline chloride on performance and egg quality of laying hens aged from 19 to 42 weeks. Nine hundred and ninety 18-week-old *Jinghong* No.1 laying hens were randomly allocated into 6 groups with 12 replicates per group and 15 hens per replicate. Hens were fed the based diets supplemented with 0, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 and 16 000 mg/kg choline chloride for an experimental duration of 24 weeks. The results showed as follows: 1) at the age of 19 to 42 weeks, the egg production of 2 000, 4 000, 8 000 and 1 000 mg/kg groups was significantly lower than that of 0 mg/kg group (P<0.05), and

the 8 000 and 16 000 mg/kg groups was significantly lower than that of 1 000 mg/kg group ($P<0.05$). The egg weight and feed intake of 16 000 mg/kg group were significantly lower than those of 0 mg/kg group ($P<0.05$). There were no significant difference on feed to egg among all groups （$P>0.05$）. 2) The egg shell thickness of 2 000 mg/kg group was significantly higher than that of 0 mg/kg group at the age of 20 and 22 weeks ($P<0.05$); the shell strength of 16 000 mg/kg group was significantly lower than that of 0 mg/kg group at the age of 22 and 38 weeks ($P<0.05$); the albumen height and Haugh unit of 16 000 mg/kg group were significantly lower than those of 0 mg/kg group at the age of 26 weeks ($P<0.05$); the Haugh unit of 8 000 mg/kg group was significantly higher than that of 0 mg/kg group at the age of 22 weeks ($P<0.05$). The yolk color of 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 and 16 000 mg/kg groups was significantly higher than that of 0 mg/kg group at the age of 20, 21, 22 and 38 weeks ($P<0.05$). 3) The egg phosphatidylcholine content of 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 and 16 000 mg/kg groups was significantly higher than that of 0 mg/kg group at the age of 24 weeks ($P<0.05$), and the egg phosphatidylcholine content of 16 000 mg/kg group was significantly higher than that of 0 mg/kg group at the age of 27 and 38 weeks ($P<0.05$). The yolk phosphatidylcholine content of 16 000 mg/kg group was significantly higher than that of 0 mg/kg group at the age of 38 weeks ($P<0.05$). It is concluded that appropriate level of choline chloride can increase egg shell thickness, shell strength and yolk color, the optimum supplemental level of choline chloride is 1 000 mg/kg. However, the supplemental level of choline chloride exceed 1 000 mg/kg can decrease egg production, which exceed 4 000 mg/kg can decrease egg weigh and feed intake.

Key words: laying hens; choline chloride; performance; egg quality

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: xiaofangd1124@sina.com （责任编辑武海龙）